

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-149029

(43)Date of publication of application : 30.05.2000

(51)Int.Cl. G06T 7/00

(21)Application number : 11-311669

(71)Applicant : TEKTRONIX INC

(22)Date of filing : 01.11.1999

(72)Inventor : HU SHANE CHING-FENG

(30)Priority

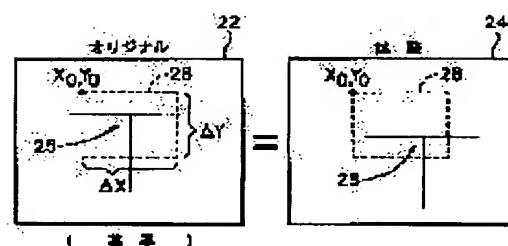
Priority number : 98 186761 Priority date : 05.11.1998 Priority country : US

## (54) SUB-PIXEL ALIGNMENT METHOD FOR DIGITAL IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To align an original image and its corresponding test image with high accuracy.

SOLUTION: A test block 28 includes textures 25 which are contained in an original image and its corresponding test image, and FFT(fast-Fourier transformation) is applied to every pixel included in the block 28. These FFT results are correlated with each other to generate a correlation surface. A shift position is decided from the peak correlation value, and its adjacent correlation value of the correlation surface and both original and test images are aligned.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.04.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3588290

[Date of registration] 20.08.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-12813

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.06.2004

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-149029

(P2000-149029A)

(43)公開日 平成12年5月30日(2000.5.30)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/70

4 6 0 A

3 3 0 F

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平11-311669

(22)出願日 平成11年11月1日(1999.11.1)

(31)優先権主張番号 09/186, 761

(32)優先日 平成10年11月5日(1998.11.5)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 391002340

テクトロニクス・インコーポレイテッド

TEKTRONIX, INC.

アメリカ合衆国 オレゴン州 97077-

0001 ビーバートン サウスウエスト カ

ール・ブラウン・ドライブ 14200

(72)発明者 シェーン・チン・フェン・フ

アメリカ合衆国 オレゴン州 97008 ビ

ーバートン サウス・ウエスト ヒデオ

ン・ドライブ 13715

(74)代理人 100090376

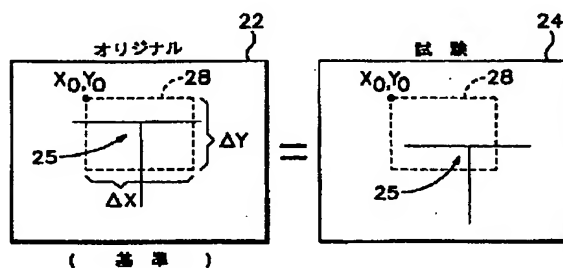
弁理士 山口 邦夫 (外1名)

(54)【発明の名称】 デジタル画像のサブピクセル・アライメント方法

(57)【要約】

【課題】 オリジナル画像22及び対応する試験画像24を高精度にアライメントさせる。

【解決手段】 オリジナル画像及び試験画像内のテキストチャ-25を含むように試験ブロック28を設定し、この試験ブロック内の各ピクセルをFFTする。これらFFTの結果を相互相関させて、相関面を発生する。相関面のピーク相関値及び隣接相関値からシフト位置を求めて、オリジナル画像及び試験画像をアライメントする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基準ビデオ信号からの基準画像を 1 つのデジタル画像として捕獲すると共に、処理後の上記基準ビデオ信号を表す試験ビデオ信号からの対応試験画像を別のデジタル画像として捕獲し、

テキスチャを含む対応する位置にて、任意の試験ブロックを上記基準画像及び上記試験画像に重ね、

上記試験ブロック内に位置する上記基準画像及び上記試験画像の各部分に対して高速フーリエ変換を行って、基準 FFT 及び試験 FFT を発生し、

上記基準 FFT 及び上記試験 FFT を相互相関させて、上記基準画像及び上記試験画像間のシフト位置を表すピーク相関値を有する相関面を発生し、

上記ピーク相関値及び隣接相関値に曲線を適合させて、整数のピクセル・シフト位置を決定し、

上記試験画像に重なった上記試験ブロックの位置を、上記整数のピクセル・シフト位置により更新し、

上記試験画像に対する実行ステップと、端数のピクセル・シフト位置を見つけるための上記相関ステップと、上記端数のピクセル・シフト位置を上記整数のピクセル・シフト位置に加算することによる上記更新ステップとを終了条件に達するまで繰り返し、

上記更新ステップからの試験画像内の上記試験ブロックの第 1 位置が、上記試験画像内の上記試験ブロックの初期位置に関係して、上記基準画像及び上記試験画像の間で高精度のサブピクセル単位のシフトによりアライメントを行うことを特徴とするデジタル画像のサブピクセル・アライメント方法。

【請求項 2】 周波数領域において、複数のデジタル画像の各々に対して試験ブロックを相互相関させて、上記試験ブロック内の特定位置にてピーク相関値を有する相関面を発生し、

上記特定位置に応じて上記複数のデジタル画像の 1 個における上記試験ブロックを更新し、

特定の終了条件に達するまで上記相互相関のステップ及び上記更新のステップを繰り返し、

上記複数のデジタル画像の 1 個における最終位置が、上記複数のデジタル画像間において高精度のサブピクセル単位でのアライメント関係となる他のデジタル画像に関連することを特徴とするデジタル画像のサブピクセル・アライメント方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数のデジタル画像をマッチさせる方法、特に、複数のデジタル・画像を高精度でサブピクセル単位で（1 ピクセル未満の単位で）場所的にアライメントさせる方法である。

## 【0002】

【従来の技術】 複数のデジタル画像を正確に場所的にアライメントすることは、多くのアプリケーションにおい

て基本的には重要である。かかるアプリケーションの 1 つは、アメリカ合衆国オレゴン州のテクトロニクス社が製造している PQA 200 型画像品質分析器の如き測定器を用いて、画像品質を判断することである。このアプリケーションでは、基準ビデオ信号からの画像と、この基準ビデオ信号を処理したものである試験ビデオ信号からの対応画像と比較している。基準画像と、対応する試験画像との間の場所アライメント（場所的な一致）が良好ならば、上述の処理による試験ビデオ信号の劣化の程度を一層正確に判断できる。

【0003】 アカデミック・プレスから 1979 年に出版されたアーネット・エル・ホール (Emet L. Hall) による「コンピュータ画像処理及び認識 (Computer Image Processing and Recognition)」の 480 ページ～484 ページは、テンプレートのマッチングのための基本的な相関方法を記載している。この相関方法は、画像アライメントに用いることができる。同様に、SPIE 第 119 巻の「デジタル画像処理のアプリケーション (Application of Digital Image Processing)」(1977) の 197 ページ～205 ページのジェイ・ジェイ・ピアソン (J.J. Pearson) 等の論文「ビデオ・レート of の画像相関プロセッサ (Video-Rate Image Correlation Processor)」は、位相情報を扱う種々の基本的な相関方法を記載している。整数ピクセル・シフト（ピクセル単位のピクセル・シフト）を伴うデジタル画像にとって、これら相関方法は、非常に正確である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、整数ピクセル・シフト及び端数ピクセル・シフト（1 ピクセル未満のピクセル・シフト）の両方を含む広範囲なシフトにとっては、サブピクセル・アライメント（1 ピクセル未満を対象にしたアライメント）の精度が、非常に重要になる。上述のピアソン等の論文は、ピークに隣接した相関値を用いた 2 次内挿法によって、サブピクセル・シフトを予測する方法を記載している。しかし、2 次内挿関数は、真の画像シフト関数と必然的にマッチングしないので、2 次内挿補間により得られる精度は、制限される。

【0005】 そこで、デジタル画像に対する高精度なサブピクセル単位の場所的なアライメントが望まれている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、デジタル画像の高精度のサブピクセル・アライメント方法に対して、反復方法及び場所的な再サンプリングを用いる。このデジタル画像の高精度なサブピクセル単位の場所的アライメントでは、一方のデジタル画像を基準ビデオ信号から求め、他方のデジタル画像を対応する試験ビデオ信号から求める。このサブピクセルの場所的アライメントは、反復処理を用い、端数ピクセル・シフトの見積もり及び基本相関による場所的再サンプリングも行う。基

準ビデオ信号及び試験ビデオ信号からの対応する画像を捕獲する。これら捕獲した画像内のテキストチャーを含むように、試験ブロックをこれら基準画像及び試験画像の同じ位置に重ねる。各画像内の試験ブロック内にて、FFT（高速フーリエ変換）を実施し、これらFFTの結果を相互相関させて、これら基準及び試験画像間のシフト位置を表すピーク値を発生する。曲線をピーク値及び隣接値に適合させて、最も近い整数ピクセル・シフト位置（1ピクセル単位のシフト位置）を見つける。この整数ピクセル・シフト位置に応じて、試験ブロックを試験画像内にてシフトさせ、この試験画像内の試験ブロックに対してFFTを繰り返し、再び、基準画像のFFT結果と相関させる。曲線の適合を繰り返して、整数ピクセル・シフト値と組み合わせる端数ピクセル・シフト位置の値を求めて、試験画像内で再び試験ブロック位置を更新する。終了条件に達するまで、これらステップを繰り返す。終了条件に達すると、基準画像に関連した試験画像内の試験ブロックに対するピクセル・シフト位置の値を用いて、高精度なサブピクセルの正確さで、これら2つの画像をアライメントできる（整列できる）。

【0007】本発明のその他の目的、利点及び新規な特徴は、添付図を参照した以下の詳細説明から明らかになる。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は、本発明によるデジタル画像の高精度サブピクセル・アライメント方法に用いるシステムのブロック図である。基準ビデオ信号源10からのオリジナル・ビデオ信号、即ち、基準ビデオ信号が、ビデオ処理ネットワーク12に入力する。このビデオ処理ネットワーク12は、1つ以上の圧縮／伸張処理を含んでいる。ビデオ処理ネットワーク12からの出力を検出器又は類似の装置である試験ビデオ装置14に供給する。この装置14は、試験ビデオ信号を発生する信号源になる。基準ビデオ信号源10からの基準ビデオ信号と、試験ビデオ信号源14からの試験ビデオ信号とは、ビデオ捕獲モジュール16に入力する。このモジュール16は、これら2つのビデオ信号から、対応する画像又はフレームを捕獲する。ビデオ捕獲モジュール16からの対応する画像対は、高精度なサブピクセル単位の場所的アライメント検出モジュール18に入力する。この場所的アライメント検出モジュール18は、基準ビデオ信号の画像と、試験ビデオ信号の画像との間の位置シフト量（即ち、これら2つの画像の位置的シフトの差）を求める。場所的アライメント検出モジュール18からの位置シフト量を位置シフト・モジュール20に入力する。この位置シフト量は、基準信号経路又は試験信号経路のいずれかに対するものである。位置シフト・モジュール20は、位置シフト量に応じて、ビデオ捕獲モジュール16からの画像対の一方を他方に対してシフトして、サブピクセル精度で正確に、これら画像対をアライメント

（位置合わせ）する。これら画像対、即ち、ビデオ捕獲モジュール16からの画像及び位置シフト・モジュール20からの画像は、画像品質アナライザ（PQA）21などにより更に処理される。本発明は、画像対のアライメントを行う方法である。

【0009】図2は、本発明により高精度なサブピクセルの正確さで場所的にアライメントされる基準（オリジナル）ビデオ信号の画像と、対応する試験ビデオ信号の画像との関係を示す図である。基準（オリジナル）画像24及び試験画像26は、マット画像（均一な画像）ではなく、いくつかのテキストチャー（模様画像）25を含んでいる。試験画像24に示すように、基準（オリジナル）ビデオ信号の処理後、テキストチャー25が水平及び／又は垂直にシフトしている。任意の試験領域である試験ブロック28を形成する。図示の例では、このブロック28は、矩形であり、基準点がX<sub>0</sub>、Y<sub>0</sub>である。また、試験ブロック28は、基準画像22及び試験画像24の両方と重なっている。図示の如き矩形の場合、基準点と、水平範囲ΔXと、垂直範囲ΔYとが試験領域であるブロック28を定義する。試験領域28の場所では、画像内に重要なテキストチャー25が存在する。

【0010】高精度なサブピクセル単位の場所的アライメントのアルゴリズムを図3に示す。初期化モジュール30は、試験ブロック28を有し、互いに対応する基準画像及び試験画像を、相関測定モジュール32に渡す。初期化モジュール30内の第1ステップ34では、ビデオ捕獲モジュール16を制御して、基準ビデオ信号及び試験ビデオ信号から、互いに対応する基準画像、即ち、基準フレームと、試験画像、即ち、試験フレームとを捕獲する。第2ステップ36では、目立つテキストチャー25を有する領域内で、各画像に試験ブロックを重ねる（テキストチャーが試験ブロック内に入るようにする）。相関測定モジュール32の第1ステップ38では、試験領域（試験ブロック）内にある画像のピクセルに対して高速フーリエ変換（FFT）を実行して、基準画像にFFTを実行した結果である基準FFTと、試験画像にFFTを実行した結果である試験FFTとを求める。なお、基準FFTは、FFT（ref）で表し、試験FFTは、FFT（tst）で表す。ステップ40では、試験ブロックにおいて、周波数領域であるFFT領域における相互相関FFT（corr）を次のように求める。

$$FFT(corr) = FFT(ref) * FFT(tst)$$

この相互相関FFT（corr）に対して、逆FFTを実行して、 $FFT^{-1}(corr)$ を求めると、この $FFT^{-1}(corr)$ は、試験領域（試験ブロック）内での総てのシフト点に対する相関係数（相関値）を発生する。これら相関係数は、図4に示すように、相関面42の形式で表すことができる。この相関面42内のピーク（ピーク相関値）44の位置は、基準画像及び試験画像の間での位置に対するシフト量を示す。ステップ40は、相互相関F

FFTにより、かかるピーク44の位置を見つける。ステップ46は、曲線を適合させるステップであり、ピーク位置と、このピーク位置から上、下、左及び右の位置との係数に基づいて、これらピーク相関値及び隣接相関値に曲線を適合させて、ピーク44に対して最も近い整数ピクセル・シフト位置（整数個のピクセルによるシフト位置）を求める。相関測定モジュール32からのピクセル・シフト位置（ピクセルのシフト位置）をステップ48に渡す。このステップ48では、シフト位置を更新する。なお、このステップ48では、第1（最初の）反復（繰り返し）期間中のみ、最も近い整数ピクセルに対するシフト位置（整数のピクセル・シフト位置）の更新を行い、第2回目以降の繰り返しでは、後述のように端数のピクセル・シフト位置の更新を行う。

【0011】試験ステップ50では、シフト位置を更新するステップ48で求めた位置シフトの量と、特定のパラメータに対する繰り返しの数とをチェックして、場所的アライメント・アルゴリズムを実施したか、即ち、処理済みであるか否かを判断する。繰り返し回数が特定数と等しいか、又は、更新の量が特定のノイズ値未満である場合、更新ステップ48からのシフト位置の値を出力ピクセル・シフト位置として、このアルゴリズムを終了する。そうでない場合、試験ブロックをシフトするステップ52では、試験画像内の試験領域を、更新位置ステップ48で求めた値だけシフトして、基準点を $X+X\Delta$ 及び $Y+Y\Delta$ にシフトする。なお、 $X\Delta$ 及び $Y\Delta$ は、整数ピクセル・シフト位置の値である。これは、ステップ48で求めたシフト位置毎に、試験領域をシフトすることである。なお、試験領域をシフトすることは、試験ピークをシフトすることである。ステップ52では、ステップ48と同様に、第1回目の反復期間中のみ、整数ピクセルのシフトを行い、第2回目以降の繰り返しでは、端数のピクセルのシフトを行う。その後、モジュール32のステップ38に戻る。試験領域又はブロックの新たな位置では、相関モジュール32を再び適応させて、 $X$ 及び $Y$ における端数ピクセル・シフト値を得る。FFTステップ38において、最初（第1）の繰り返しの後は、試験画像のみを処理する。しかし、基準画像に対するFFTは、変化しない。端数ピクセル・シフト値を用いて、更新ステップ48におけるシフト位置を更新するので、シフト位置は、 $X_o+X\Delta+X_f$ 及び $Y_o+Y\Delta+Y_f$ となる。なお、 $X_f$ 及び $Y_f$ は、新たな端数ピクセルの更新量である。最も実際のアプリケーションでは、端数ピクセル・シフト位置を求める処理を2回だけ繰り返すことにより、十分な結果が得られた。場所的ア

ライメント検出モジュール18からの最終シフト位置の出力値を用いて、試験画像及び基準画像を上述の如くアライメント（整列）させる。なお、図3に示すこれらステップは、コンピュータ（図示せず）がソフトウェアに依拠して、モジュール18及び20を制御することにより実行できる。

【0012】

【発明の効果】本発明は、複数の画像間のシフト位置を表すピークを見つけるために、各画像から得た試験ブロックの相関FFTを繰り返し処理し、曲線を相関係数に適合させて、最も近い整数ピクセル・シフト位置を判断し、試験画像における試験ブロックの位置を更新する。そして、これら処理を、特定回数の繰り返しを行うまでか、又は、端数ピクセル・シフト位置の変化がノイズ・レベル未満になるまで、繰り返す。よって、本発明によれば、複数のデジタル画像を高精度にサブピクセル単位（1ピクセル未満の単位、即ち、端数ピクセル単位）で場所的にアライメントできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるデジタル画像の高精度サブピクセル・アライメント方法に用いるシステムのブロック図である。

【図2】本発明により、高精度サブピクセルの正確さで場所的にアライメントされる基準ビデオ信号の画像及び対応試験ビデオ信号の画像との関係を示す図である。

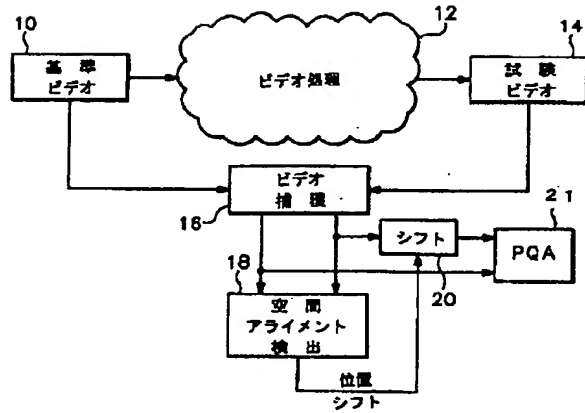
【図3】本発明による高精度サブピクセル・アライメントのアルゴリズムを示す流れ図である。

【図4】本発明による高精度サブピクセル・アライメントのアルゴリズムにおけるピーク位置を示す相互相関面の図である。

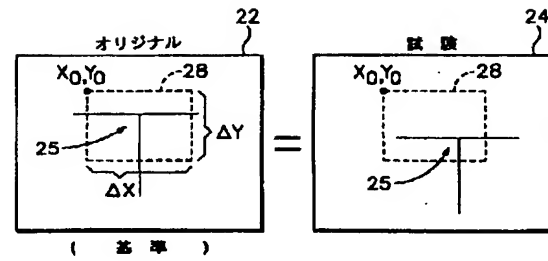
【符号の説明】

- 10 基準ビデオ信号源
- 12 ビデオ処理ネットワーク
- 14 試験ビデオ信号源
- 16 ビデオ捕獲モジュール
- 18 空間アライメント検出モジュール
- 20 位置シフト・モジュール
- 21 画像品質アナライザ
- 22 基準画像
- 24 試験画像
- 25 テキスチャー
- 28 試験ブロック（領域）
- 42 相関面
- 44 ピーク

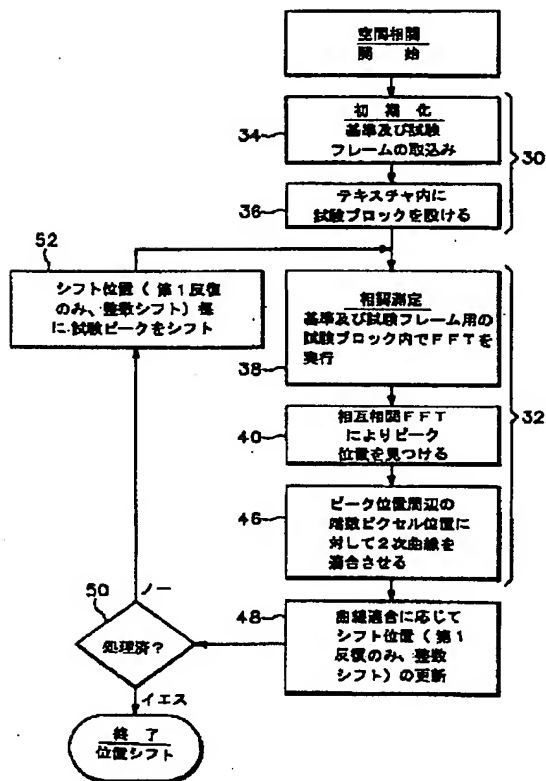
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

